

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 07 358.2

Anmeldetag: 21. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Leica Microsystems Semiconductor GmbH,
Wetzlar/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zum Scannen
eines Halbleiter-Wafers

IPC: G 01 N, H 01 L, H 04 N

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Schäfer

Verfahren und Vorrichtung zum Scannen eines Halbleiter-Wafers

Der Erfindung liegt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Scannen eines Halbleiter-Wafers zugrunde, bei denen der Wafer in Scanzeilen gescannt wird und mit einer Kamera Bilder von Bereichen auf dem Wafer bei einer

5 Scangeschwindigkeit in Scanzeilenrichtung als Relativbewegung zwischen der Kamera und dem Wafer aufgenommen werden.

Bei der Herstellung von integrierten Schaltkreisen werden Strukturen auf Halbleiter-Wafern aufgebracht. Hierzu sind eine Vielzahl von Prozessschritten

10 notwendig. Dabei können verschiedene Fehler auf dem Wafer entstehen. Es können sich Defekte in den Strukturen und Substratmaterialien bilden oder es lagern sich Partikel auf der Waferoberfläche ab. Um diese Fehler zu erfassen, werden die Wafer oftmals nach jedem Prozessschritt makroskopisch oder auch

15 mikroskopisch untersucht. Diese Inspektionen erfolgen bei den gewöhnlich vollautomatisierten Systemen mittels einer Kamera, die Bilder von den zu untersuchenden Bereichen auf dem Wafer aufnimmt. Die Bilder werden mittels Bildverarbeitung ausgewertet, um Defekte zu erkennen und zu klassifizieren.

Zudem können auch die auf den Wafern aufgebrachten Strukturen vermessen

20 werden. Dabei werden die Abstände der Strukturen und die Strukturbreiten bestimmt, um Abweichungen von Sollwerten zu ermitteln. Auch ein Versatz der Strukturen gegenüber den aus dem vorhergehenden Prozess entstandenen Strukturen kann festgestellt werden. Solche Fehler können ebenfalls mit Hilfe einer Bildverarbeitung ermittelt werden.

Ebenso können bei Schichten, die auf dem Wafer aufgebracht werden, mit Hilfe der Bildverarbeitung Farbveränderungen festgestellt werden, die auf Beschichtungsfehler wie ungleichmäßige Schichtdicken oder Bereiche fehlender Schichten zurückzuführen sind.

5

In der Regel werden die zu inspizierenden Wafer auf einen Scanningtisch abgelegt. Der Scanningtisch wird unter einer Kamera oder auch unter einem mit einer Kamera bestückten Makroskop oder Mikroskop verfahren. In Abhängigkeit der Art der Herstellungsprozesse werden für die daran anschließende Inspektion bestimmte Bereiche auf dem Wafer ausgewählt, mit dem Scanningtisch angefahren und davon Bilder mit der Kamera aufgenommen.

10

Da immer kleinere Strukturen hergestellt werden, die fehleranfälliger sind, und auch wegen hoher Herstellkosten von Wafern mit großen Durchmessern werden zunehmend 100%-Kontrollen des Wafers nach den jeweiligen Prozessschritten verlangt. Dies erfordert natürlich einen größeren Zeitaufwand als bei der Stichprobenkontrolle einzelner weniger Bereiche auf der Waferoberfläche. Trotzdem soll zudem ein großer Durchsatz von zu inspizierenden Wafern gewährleistet werden.

15

20

Aus diesen Gründen werden die Bilder von der Waferoberfläche on-the-fly aufgenommen. Hierzu wird normalerweise ein Scanningtisch, auf dem der Wafer aufgelegt ist, unter einer feststehenden Kamera verfahren. Der Scanningtisch hält für eine Bildaufnahme nicht an, sondern verfährt den Wafer im allgemeinen mit konstanter Geschwindigkeit unter der Kamera hindurch. Die Kamera nimmt die Bilder mit entsprechend kurzer Belichtungszeit auf. Dies erfolgt oft dadurch, dass der im Bildfeld der Kamera befindliche Bereich des Wafers mit einem kurzen Lichtblitz hoher Intensität beleuchtet wird. Der elektronische Chip der Kamera wird in dieser kurzen Zeit belichtet und nimmt ein Bild von diesem Bereich des Wafers auf.

25

30

Dabei ist es beim Scannen eines Wafers üblich, das rechteckige Bildfeld der Kamera so auszurichten, dass die längere Seite des Bildfeld-Rechtecks parallel zu den Scanzeilen ist. Die längere Rechteckseite zeigt also in die

5 Bewegungsrichtung des Scanningtisches.

Weiterhin wird zur Verkürzung der Durchsatzzeit für die Waferinspektion der Scanningtisch in einer rechteckigen, mäanderförmigen Art gescannt. Der

10 Verfahrweg enthält also beim Wechsel zu einer als nächstes zu scannenden Scanzeile zueinander rechtwinklige Strecken. Der Scanningtisch wird in jeder Scanzeile um eine fest vorgegebene Strecke verfahren. Die Strecke ist größer als der Waferdurchmesser, um den Wafers vollständig erfassen zu können. Am Ende einer jeden Scanzeile wird der Scanningtisch angehalten, anschließend in die Richtung senkrecht zur Scanzeile bis zur benachbarten Scanzeile verfahren

15 und danach wird der Scanvorgang in entgegengesetzte Richtung in der neuen Scanzeile fortgesetzt. Dadurch stehen die Verfahrstrecken beim Scanzeilenwechsel senkrecht zueinander und der Verfahrweg ist rechteckig ausgebildet. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem Scanzeilenwechsel.

20 Es ist die Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen die Durchsatzzeit beim Scannen eines Halbleiter-Wafers für die Waferinspektion weiter optimiert wird.

Die Aufgabe wird mit einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch

25 gelöst, dass bei einem Wechsel von einer aktuellen zu einer neuen, als nächstes zu scannenden Scanzeile ein Abbremsen der Relativbewegung in Scanzeilenrichtung in der Scanzeile bis zum Stillstand dieser Relativbewegung und anschließendes Beschleunigen in die entgegengesetzte Scanzeilenrichtung bis zum Erreichen der Scangeschwindigkeit erfolgt und dieser Relativbewegung

30 zumindest teilweise überlagert ein Beschleunigen und anschließendes

Abbremsen einer Relativbewegung zwischen Kamera und Wafer senkrecht zu den Scanzeilen bis zum Erreichen der neuen Scanzeile erfolgt.

Weiterhin wird die Aufgabe mit einer Vorrichtung der eingangs genannten Art
5 gelöst durch eine Steuereinrichtung, mit deren Hilfe bei einem Wechsel von einer
aktuellen zu einer neuen, als nächstes zu scannenden Scanzeile ein Abbremsen
der Relativbewegung in Scanzeilenrichtung in der Scanzeile bis zum Stillstand
dieser Relativbewegung und anschließendes Beschleunigen in die
entgegengesetzte Scanzeilenrichtung bis zum Erreichen der
10 Scangeschwindigkeit durchführbar ist und dieser Relativbewegung zumindest
teilweise überlagert ein Beschleunigen und anschließendes Abbremsen einer
Relativbewegung zwischen Kamera und Wafer senkrecht zu den Scanzeilen bis
zum Erreichen der neuen Scanzeile durchführbar ist.

15 In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird die Aufgabe mit einer
Vorrichtung der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass bei einem
rechteckförmig ausgebildeten Bildfeld der Kamera die kurze Seite des Rechtecks
des Bildfelds parallel zur Scanzeilenrichtung ausgerichtet ist.

20 Bei einem Scanzeilenwechsel erfolgen erfindungsgemäß die Relativbewegungen
zwischen Wafer und Kamera in Scanzeilenrichtung und senkrecht zur
Scanzeilenrichtung derart, dass sie zumindest teilweise überlagert sind. Durch
diese Überlagerung der Relativbewegungen wird ein stetig gekrümmter
Verfahrweg beschrieben. „Stetig gekrümmt“ soll in dem Sinne verstanden
25 werden, dass kein abrupter Richtungswechsel stattfindet, der zu einem Knick im
Verfahrweg führen würde. Bei einem herkömmlichen Verfahrweg hingegen sind
die Verfahrwege senkrecht aufeinanderstehend und die Relativbewegungen
werden hintereinander ausgeführt. Durch diese getrennten Relativbewegungen
nur parallel oder nur senkrecht zu den Scanzeilen ist der herkömmliche
30 Verfahrweg bei der abrupten Änderung der Verfahrrichtung um 90° nicht stetig

gekrümmt im obigen Sinne.

Es gibt verschiedene Ausgestaltungsmöglichkeiten der erfindungsgemäßen Überlagerung der Relativbewegungen parallel und senkrecht zu den Scanzeilen.

- 5 Im allgemeinen können die parallelen und senkrechten Beschleunigungsbewegungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten beginnen und auch zu unterschiedlichen Zeitpunkten abgeschlossen sein. D.h. die Abbremsung in Scanzeilenrichtung kann zunächst beginnen bevor die Beschleunigung senkrecht zu den Scanzeilen erfolgt oder auch umgekehrt. Dies
- 10 hängt davon ab, ob die benachbarte oder erst eine weiter entfernte Scanzeile als nächstes gescannt werden soll. Entsprechend können auch die Beschleunigungsphasen für die beiden Bewegungsrichtungen zeitlich unterschiedlich abgeschlossen sein. Die Bewegungen in den beiden Richtungen können somit phasenverschoben sein und unterschiedlich lange dauern. Dies
- 15 impliziert auch unterschiedliche Beschleunigungen und unterschiedliche Kräfte auf die bewegten Teile.

- Der Vorteil der überlagerten Bewegungen besteht darin, dass die Zeit bei einem Scanzeilenwechsel verkürzt wird. In demjenigen Zeitrahmen, in dem die
- 20 Bewegungsrichtung parallel zu den Scanzeilen umgekehrt wird, erfolgt die Bewegung senkrecht zu den Scanzeilen (oder umgekehrt). Durch diese zumindest in einem Zeitintervall innerhalb des Zeitrahmens gleichzeitig erfolgenden Bewegungen parallel und senkrecht zu den Scanzeilen wird Zeit eingespart, um die nächste zu scannende Zeile zu erreichen. Deshalb wird die
- 25 Durchsatzrate von zu untersuchenden Wafern gesteigert.

- Bei einer Ausgestaltungsmöglichkeit beginnen frühestens nach der Bildaufnahme eines letzten aufzunehmenden Bereichs der aktuellen Scanzeile die abbremsenden und beschleunigenden Relativbewegungen in
- 30 Scanzeilenrichtung und senkrecht dazu. Weiterhin soll spätestens bei Erreichen eines nächsten aufzunehmenden Bereichs in der neuen Scanzeile die

Scangeschwindigkeit in der entgegengesetzten Scanzeilenrichtung erreicht werden und die Relativgeschwindigkeit senkrecht zu den Scanzeilen zu Null werden.

5 In einer hierzu speziellen Ausgestaltung der Erfindung beginnt das Abbremsen parallel zu den Scanzeilen und das Beschleunigen senkrecht zu den Scanzeilen gleichzeitig und die Beschleunigung parallel zu den Scanzeilen und die Abbremsung senkrecht zu den Scanzeilen wird gleichzeitig beendet. Wenn der Beginn dieser Bewegungsvorgänge sofort nach der Bildaufnahme des letzten in
10 der Scanzeile aufzunehmenden Bildes erfolgt oder wenn diese Bewegungsvorgänge gerade bei Erreichen des nächsten, in der neuen Scanzeile aufzunehmenden Bildes abgeschlossen sind, wird zusätzlich Zeit eingespart. Hierdurch werden die Bewegungsvorgänge bei Scanzeilenwechsel auch zwischen unterschiedlich lange Scanzeilen optimiert.

15 Bei einer anderen Ausgestaltungsmöglichkeit beginnt bereits vor der Bildaufnahme eines letzten aufzunehmenden Bereichs der aktuellen Scanzeile das Abbremsen in Scanzeilenrichtung. Dadurch werden der letzte oder auch mehrere letzte aufzunehmende Bereiche der aktuellen Scanzeile bei einer der
20 Abbremsung entsprechend verringerten Scangeschwindigkeit von der Kamera aufgenommen. Vor allem bei hohen Scangeschwindigkeiten bringt dieser bereits vor der letzten Bildaufnahme eingeleitete Abbremsvorgang Zeitvorteile. Eine Relativbewegung senkrecht zu den Scanzeilen findet bis zur letzten Aufnahme natürlich noch nicht statt.

25 Ebenso kann auch erst nach Erreichen eines nächsten aufzunehmenden Bereichs in der neuen Scanzeile die Scangeschwindigkeit in der entgegengesetzten Scanzeilenrichtung erreicht werden. Dies bedeutet, dass das erste oder die ersten aufzunehmenden Bilder noch nicht bei voller
30 Scangeschwindigkeit aufgenommen werden, so dass auch daraus Zeitvorteile durch den verkürzten Scanzeilenwechsel resultieren. Selbstverständlich muss

dabei spätestens zur ersten Bildaufnahme in der neuen Scanzeile die Relativbewegung senkrecht zu den Scanzeilen abgeschlossen sein, um ein vollständiges Bild zu erhalten.

- 5 Ein weiterer Spezialfall ist gegeben, wenn beim Erreichen einer Relativgeschwindigkeit von Null in Scanzeilenrichtung die größte Relativgeschwindigkeit senkrecht zu den Scanzeilen erreicht wird. Dies ist vor allem bei gleich langen oder zumindest ähnlich langen Scanzeilen vorteilhaft, da die Abbrems- und Beschleunigungskräfte während des Scanzeilenwechsels
- 10 gleichmäßig verteilt werden. Zudem können hierbei auch konstante Beschleunigungswerte für beide Bewegungsrichtungen verwendet werden.

- Die Beschleunigungswerte beim Abbremsen und Beschleunigen in und senkrecht zur Scanzeilenrichtung können aber auch kontinuierlich verändert
- 15 werden, so dass sich die auftretenden Kräfte kontinuierlich verändern. Dies bedeutet ein besonders sanftes Anfahren und Abbremsen.

- Die Relativbewegungen zwischen Wafer und Kamera können auf verschiedene Weisen durchgeführt werden. Einerseits kann die Kamera in beiden
- 20 Bewegungsrichtungen über einen fixierten Wafer geführt werden und dadurch jeden Ort auf dem Wafer erreichen. Andererseits kann der Wafer auf einen x-y-Scanningtisch gelegt werden, der unter einer feststehenden Kamera verfahren wird. In vielen Fällen wird ein x-y-Scanningtisch und eine fixierte Kamera verwendet.

25

- Natürlich sind auch Kombinationen davon möglich, dass also ein Scanningtisch ausschließlich in einer der beiden Bewegungsrichtungen verfährt, während die Kamera nur in der dazu senkrechten Richtung bewegt wird. Eine solche Kombination hat den Vorteil, dass entweder nur ein eindimensional beweglicher
- 30 Scanningtisch benötigt wird oder bei einem x-y-Scanningtisch diejenige Richtung

- bevorzugt werden kann, in die nur der obere Teil des Scanningtisches verfahren wird. In beiden Fällen kann aufgrund der geringeren bewegten Masse eine höhere Beschleunigung erzielt werden oder die Antriebseinheit des Tisches kann für geringere Belastungen ausgelegt werden. Damit sind auch ein geringerer
- 5 Verschleiß und eine längere Lebensdauer verbunden.

- Mit der Erfindung sind die bereits beschriebenen Zeitvorteile für alle Scanarten gegeben. Sowohl beim Scannen von vereinzelt ausgewählten Scanzeilen, wobei in Scanzeilenrichtung aneinandergrenzende Bereiche auf dem Wafer mit
- 10 der Kamera aufgenommen werden, als auch bei vollständig zu scannenden Wafern zur Bildaufnahme der gesamten Waferoberfläche machen sich die Zeitvorteile bemerkbar. Aber auch für stichprobenartige Aufnahmen von vereinzelt, auf dem Wafer verstreuten Bereichen für die Kameraaufnahmen ist
- 15 das geschilderte Verfahren mit der Einleitung der Bewegungsänderungen direkt nach der letzten Bildaufnahme vorteilhaft, da hierbei zudem die Scanzeilen nicht vollständig abgefahren werden müssen. Hierbei wird die Relativbewegung auch schräg bezüglich der Scanzeilen durchgeführt.

- Eine weitere Zeitersparnis ergibt sich daraus, dass bei einem rechteckig
- 20 ausgebildeten Bildfeld der Kamera die kurze Seite des Rechtecks des Bildfelds parallel zur Scanzeilenrichtung ausgerichtet wird, was im Gegensatz zu der bisher üblichen Anordnung mit der längeren Bildfeldseite parallel zu den Scanzeilen steht. Die gesamte zu scannende Fläche ändert sich aufgrund einer um 90° um ihre Aufnahmeachse gedrehten Kamera natürlich nicht, jedoch
- 25 bestimmt jetzt die längere Bildfeldseite die Breite einer Scanzeile, wodurch sich die Anzahl der notwendigen Scanzeilen verringert. Somit werden weniger Scanzeilenwechsel zum Scannen eines Wafers benötigt und es ergeben sich entsprechende Zeitersparnisse. Die Zeitersparnisse machen sich besonders bemerkbar, wenn viele Scanzeilen zu scannen sind.

Normalerweise wird eine Scanzeile mit der maximal möglichen Geschwindigkeit durchfahren. Da für on-the-fly-Aufnahmen eine ausreichend hohe Beleuchtungsichte bei einer konstanten Beleuchtung über den gesamten Wafer meistens nicht erzeugt werden kann, werden Blitzgeräte eingesetzt. Zudem wird
5 das Licht auch nur auf den aufzunehmenden Bereich konzentriert. Die maximale Scangeschwindigkeit wird durch die mögliche Blitzrate der Blitzgeräte bei entsprechender Beleuchtungsintensität und durch die Framerate der Kamera beziehungsweise der Framegrabberelektronik begrenzt. Deshalb wird die maximale Verfahrensgeschwindigkeit bei einer zu den Scanzeilen parallel
10 ausgerichteten kurzen Rechteckseite des Kamerabildfeldes geringer sein, um dieselbe benötigte Bildaufnahmezeit zu haben. Eine geringere Geschwindigkeit in Scanzeilenrichtung bedeutet aber auch eine kürzere Umkehrzeit für die Bewegung in die entgegengesetzte Richtung der Scanzeilen, denn es muss nur eine geringere Geschwindigkeit abgebremst und wieder beschleunigt werden.

15

Allerdings vergrößert sich der Fahrweg senkrecht zu den Scanzeilen zu einer benachbarten Scanzeile, da die längere Kante des Rechtecks des Kamerabildfeldes jetzt die Breite der Scanzeilen bestimmt. Deshalb muss die Beschleunigung senkrecht zu den Scanzeilen vergrößert werden, wenn im
20 optimalen Fall gleiche Zeiten für die parallelen und senkrechten Beschleunigungsbewegungen beim Scanzeilenwechsel erreicht werden sollen.

Die Gesamtzeit für die Bewegung zwischen dem Endpunkt der einen und dem Startpunkt der nächsten Zeile, die Zeilenwechselzeit t_{zw} , ergibt sich bei

25 Annahme konstanter Beschleunigungen a_x in Scanzeilenrichtung und a_y senkrecht zur Scanzeilenrichtung zu:

$$t_{zw} = t_{\Delta x} + t_x = t_y = \frac{\Delta x}{v_{\max}} + 2 * \frac{v_{\max}}{a_x} = 2 * \sqrt{\frac{\Delta y}{a_y}}$$

Wobei t_x die Zeit für das Abbremsen und Beschleunigen in Scanzeilenrichtung
und t_y die Zeit für die Bewegung senkrecht zur Scanzeilenrichtung ist. Dabei ist
 v_{\max} die Scangeschwindigkeit, Δx die Differenz zwischen Start- und Endpunkt der
beiden Scanzeilen in Scanzeilenrichtung und $t_{\Delta x}$ die entsprechende Zeit und
5 Δy der Abstand zwischen zwei Scanzeilen senkrecht zur Scanzeilenrichtung.

Die notwendige konstante Beschleunigung senkrecht zur Scanzeilenrichtung
bestimmt sich bei gleich langen Scanzeilen ($\Delta x = 0$) zu:

$$a_y = \frac{a_x^2 * \Delta y}{v_{\max}^2}$$

10

Die Erfindung kann je nach aufzunehmender Strukturgrößen auf dem Wafer mit
einer Kamera ohne weitere Optik durchgeführt werden oder die Kamera kann auf
einem Makroskop oder einem Mikroskop montiert werden, um entsprechend
15 vergrößerte Bilder aufzunehmen. Es können dabei Fehler an den Strukturen
oder den Zwischenräumen ermittelt oder auch Messungen an den Strukturen
vorgenommen werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in der Zeichnung dargestellten
Ausführungsbeispiele näher erläutert. Die Zeichnung zeigt schematisch in:
20

Fig.1 eine Anordnung von Kamera, Tisch mit Wafer und Steuereinrichtung,

Fig.2 einen herkömmlichen Scanweg (Stand der Technik) und

Fig.3 einen erfindungsgemäßen Scanweg.

25

Die Fig.1 zeigt in schematischer Weise einen zu scannenden Wafer 1, der sich
auf einem Scannintisch 2 befindet und von dem eine Vielzahl von Bildern mittels

einer Kamera 3 aufgenommen werden. Um eine Relativbewegung zwischen Scanningtisch 2 und Kamera 3 zu erzeugen, wird im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 ein x-y-Scanningtisch verwendet, der in den Koordinatenrichtungen x und y verfahrenen werden kann. Die Kamera 3 ist hierbei gegenüber dem

5 Scanningtisch 2 fest installiert.

Um in einer kurzen Zeit eine große Anzahl von Bildaufnahmen mit der Kamera 3 durchführen zu können, wird der Scanningtisch 2 ohne anzuhalten unter der Kamera 3 mit einer konstanten Geschwindigkeit verfahren. Die gewünschten

10 Bilder werden also on-the-fly von ausgewählten Bereichen oder von der kompletten Oberfläche des Wafers 1 aufgenommen. Eine Steuereinheit 4 bestimmt die Bewegung und die Geschwindigkeit des Scanningtisches 2 und steuert auch die Kamera 3. Diese koordinierte Steuerung von Scanningtisch 2 und Kamera 3 ermöglichen die Aufnahmen von den gewünschten Bereichen des

15 Wafers 1.

Durch die on-the-fly Aufnahmen sind in Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Scanningtisches 2 entsprechend kurze Belichtungszeiten für die einzelnen Bilder notwendig, damit verschmierte Bildaufnahmen vermieden werden. Kurze

20 Belichtungszeiten bedeuten, dass der Wafer mit einer sehr hohen Lichtintensität beleuchtet werden muss. Eine hohe Beleuchtungsichte kann dadurch erreicht werden, dass eine Beleuchtungseinrichtung 3a das von ihr erzeugte Licht nur auf eine solche Fläche des Wafers 1 bündelt, die für eine Bildaufnahme mit der Kamera 3 notwendig ist.

25

Zusätzlich kann das Licht der Beleuchtungseinrichtung 3a gepulst werden, um eine noch höhere Lichtintensität zu erzeugen. Dies kann mit einer kommerziell erhältlichen Blitzlampe erreicht werden, die ihr Licht nur für die kurze Zeit der Bildaufnahme abgibt. Die Blitzlampe wird derart in Abhängigkeit der Position des

30 Scanningtisches 2 getriggert, dass die gewünschten Bereiche des Wafers 1 aufgenommen werden. Soll eine Scanzeile von einem Waferrand zum

gegenüberliegenden Rand vollständig aufgenommen werden, so werden die Blitzfrequenz der Blitzlampe und die Geschwindigkeit des Scanningtisches 2 derart aufeinander abgestimmt, dass die belichteten Bereiche und somit die Bildaufnahmen zumindest direkt aneinander grenzen. In der Praxis wird meistens mit einem Überlapp der aufgenommenen Bereiche gearbeitet, um sicher zu stellen, dass keine Bildinformation auf der Scanzeile verloren geht. Die überlappenden Bereiche werden durch eine Bildverarbeitung berücksichtigt.

Die aufgenommenen Bilder werden durch einen schnell ablaufenden Algorithmus direkt nach ihrer Aufnahme ausgewertet. Selbstverständlich können sie auch erst abgespeichert und später ausgewertet werden.

Beim Einsatz einer Blitzlampe kann die Kamera 3 auch ohne einen mechanischen oder elektronischen Shutter betrieben werden, da die Belichtungszeit durch die Dauer des Lichtblitzes gegeben ist. Der elektronische Lichtsensor der Kamera, meistens ein zweidimensionales CCD-Array oder eine eindimensionale Sensorzeile, wird nach den Belichtungen ausgelesen. Eine entsprechende Steuerung kann in der Kamera 3 vorgesehen sein oder die Steuereinheit 4 übernimmt komplett die Steuerung der Kamera 3, der Beleuchtungseinrichtung 3a und des Scanningtisches. Als Alternative kann auch der Scanningtisch 2 entsprechend seiner Position im x-y-Koordinatensystem Triggersignale generieren und über die Steuereinheit 4 die Beleuchtungseinrichtung 3a und die Kamera 3 ansteuern. Die Steuereinheit 4 ist in der Regel mit einem Rechner 5 verbunden, der per Software die Steuereinheit 4 überwacht und die aufgenommenen Bilder der Kamera 3 empfängt. Der Rechner kann auch die Bilder abspeichern und auswerten.

Als abgewandelte Ausführungsbeispiele der weiter oben genannten Relativbewegung zwischen Scanningtisch 2 und Kamera 3 kann anstelle eines x-y-Scanningtisches 2 auch eine Anordnung mit einem feststehenden Tisch 2 und mit einer in x- und y-Richtung beweglichen Kamera 3 gegebenenfalls zusammen

mit der Beleuchtungseinrichtung 3a verwendet werden. Auch eine Kombination von verfahrbarem Tisch (z.B. nur in x-Richtung) und einer verfahrbarer Kamera 2 (z.B. nur in y-Richtung) ist möglich.

- 5 In Fig.2 ist ein herkömmlicher Scanweg 6 für einen Scanablauf dargestellt, bei dem der Wafer 1 vollständig gescannt wird. Es werden Bildaufnahmen von der gesamten Waferoberfläche für eine 100%-Kontrolle vorgenommen. Der Wafer 1 wird zeilenweise derart gescannt, dass die Rechteckseiten 7a, 7b von benachbarten Aufnahmeflächen, die jeweils dem Bildfeld 7 der Kamera 3
- 10 entsprechen, zumindest aneinander grenzen. Die Scanzeilen besitzen eine einheitliche Länge und überdecken den Wafer in seinem Durchmesser. Somit beginnen und enden die Scanzeilen an jeweils einer bestimmten x-Koordinate außerhalb des Wafers.
- 15 Am Ende einer Scanzeile wird der Scanningtisch 2 angehalten. Hier beträgt also seine Geschwindigkeit in x-Richtung (als auch in y-Richtung) null. Anschließend beschleunigt er in der zu der Scanningzeile senkrechten y-Richtung und fährt bis zu der benachbarten Scanningzeile und kommt dort wiederum zum Stillstand. Dann wird er in die entgegengesetzte Scanzeilenrichtung bewegt, also mit
- 20 entgegengesetzter Geschwindigkeit im Vergleich zu der vorhergehenden Scanzeile. Dieser Vorgang wiederholt sich bei jedem Scanzeilenwechsel. Insgesamt entsteht dadurch ein rechteckig verlaufender Scanweg 6.

- Im Gegensatz dazu ist der in Fig. 3 gezeigte Verlauf des erfindungsgemäßen
- 25 Scanwegs s bei jedem Scanzeilenwechsel stetig gekrümmt. In diesem Ausführungsbeispiel wird der Scanningtisch 2 während eines Scanzeilenwechsels gleichzeitig in x-und y-Richtung verfahren. Während der Scanningtisch 2 in x-Richtung, die der Scanzeilenrichtung entspricht, abgebremst wird, erfolgt zugleich eine Beschleunigung in y-Richtung senkrecht
- 30 zu den Scanzeilen. Der Scanningtisch 2 wird in die entgegengesetzte x-Richtung beschleunigt und in y-Richtung wieder abgebremst, so dass bei der ersten

Bildaufnahmestelle in der nächsten zu scannende Scanzeile die vorgesehenen Scangeschwindigkeit erreicht ist. Auf diese Art wird der Wafer 1 mäanderförmig gescannt.

- 5 Durch den gleichzeitigen Ablauf des Scanningtisches 2 in beiden Richtungen x, y wird im Vergleich zum Beispiel der Fig. 2 beim Wechsel der Scanzeilen Zeit eingespart. Zudem kann die Länge der benachbarten oder der als nächstes zu scannenden Scanzeile berücksichtigt werden. Ist diese kürzer oder länger als die eben gescannte Scanzeile, so kann zusätzlich Zeit eingespart werden, wenn die
- 10 Umkehrpunkte entsprechend den Enden der Scanzeilen angepasst wird und nicht stets an derselben x-Koordinate liegen, wie es gemäß Fig. 2 der Fall ist.

- So ist in Fig. 3 zu sehen, wie nach dem Scannen einer ersten, kurzen Scanzeile von den Scanzeilenenden a bis b ein Wechsel der Scanzeilen vom Ende b zu
- 15 dem Ende c einer längeren Scanzeile erfolgt. Dieser Scanweg verläuft – mit zugehörigen anderen Beschleunigungswerten des Scanningtisches 2 sowohl in x- als auch in y-Richtung - in seiner Form etwas anders als beim Scanzeilenwechsel von den Enden d zu e. Somit wird das mäanderförmige Scannen vorteilhafterweise den Scanzeilenlängen bzw. bei Untersuchung der
- 20 vollständigen Waferoberfläche der Form des Wafers 1 angepasst.

- Natürlich ist es von zeitlichem Vorteil, wenn sofort nach der letzten Bildaufnahme einer Scanzeile die entsprechenden x-y-Beschleunigungen für den Scanzeilenwechsel beginnen. Dies muss aber nicht notwendigerweise immer so
- 25 sein. Je nach Scangeschwindigkeit und Wegstrecke zur nächsten anzufahrenden Stelle können die Beschleunigungen in y-Richtung zu einem späteren Zeitpunkt beginnen als die Beschleunigungen in x-Richtung und umgekehrt. Analog gilt dies auch für das Ende der Beschleunigungen in x- und y-Richtung. Dadurch können die Kräfte auf die Lager des Scanningtisches
- 30 eingestellt werden, um einen geringeren Verschleiß und eine größere

Lebensdauer des Scanningtisches 2 bei einer optimalen Zeit für den Scanzeilenwechsel zu erreichen.

5 Aus Fig. 3 ist weiterhin zu entnehmen, dass das Bildfeld 7 der Kamera 3 mit der kürzeren Rechteckseite parallel (und somit mit der längeren Rechteckseite 7b senkrecht) zu den Scanzeilen ausgerichtet ist - im Gegensatz zu der herkömmlichen Ausrichtung des Bildfeldes gemäß Fig. 2. Dadurch kann die Zahl der Scanzeilen für eine abzuscannende Fläche auf dem Wafer 1 verringert werden. Da dadurch weniger Scanzeilenwechsel notwendig sind, verringert sich 10 die gesamte Scanzeit um die Zeit der eingesparten Zeilenwechsel. Dies ist eine zusätzlich eingesparte Zeit. Die Geschwindigkeit des Scanningtisches 2 wird dabei so verringert, dass die Belichtungszeit für jedes Bildfeld unverändert bleibt.

15 Zusammengefasst betrachtet wird aufgrund der eingesparten Zeit durch die Überlagerung der Beschleunigungen und Bewegungen in x- und y-Richtung beim Scanzeilenwechsel der Durchsatz von Wafern 1 deutlich erhöht. Der Durchsatz lässt sich zusätzlich erhöhen durch Verringern der Anzahl der notwendigen Scanzeilen durch eine parallele Ausrichtung der kürzeren Seite 7a zu den Scanzeilen. Die Effekte machen sich um so stärker bemerkbar, je größer 20 die Anzahl von Scanningzeilen ist, also insbesondere bei vollständigem Scannen des Wafers 1.

Bezugszeichenliste

- 1 Halbleiter-Wafer
- 2 Tisch
- 5 3 Kamera
- 3a Beleuchtungseinrichtung
- 4 Steuereinheit
- 5 Rechner
- 6 herkömmlicher Scanweg
- 10 7 Bildfeld der Kamera
- 7a kurze Rechteckseite des Kamerabildfelds
- 7b lange Rechteckseite des Kamerabildfelds
- a – f Enden von Scanzeilen
- 15 s erfindungsgemäßer Scanweg

Patentansprüche

1. Verfahren zum Scannen eines Halbleiter-Wafers (1), bei dem der Wafer (1) in Scanzeilen gescannt wird und mit einer Kamera (3) Bilder von Bereichen auf dem Wafer (1) bei einer Scangeschwindigkeit in Scanzeilenrichtung als Relativbewegung zwischen der Kamera (3) und dem Wafer (1) aufgenommen werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem Wechsel von einer aktuellen zu einer neuen, als nächstes zu scannenden Scanzeile ein Abbremsen der Relativbewegung in Scanzeilenrichtung in der Scanzeile bis zum Stillstand dieser Relativbewegung und anschließendes Beschleunigen in die entgegengesetzte Scanzeilenrichtung bis zum Erreichen der Scangeschwindigkeit erfolgt und dieser Relativbewegung zumindest teilweise überlagert ein Beschleunigen und anschließendes Abbremsen einer Relativbewegung zwischen Kamera (3) und Wafer (1) senkrecht zu den Scanzeilen bis zum Erreichen der neuen Scanzeile erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** frühestens nach der Bildaufnahme eines letzten aufzunehmenden Bereichs der aktuellen Scanzeile die abbremsenden und beschleunigenden Relativbewegungen in Scanzeilenrichtung und senkrecht dazu beginnen und / oder spätestens bei Erreichen eines nächsten aufzunehmenden Bereichs in der neuen Scanzeile die Scangeschwindigkeit in der entgegengesetzten Scanzeilenrichtung erreicht wird und die Relativgeschwindigkeit senkrecht zu den Scanzeilen zu Null wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abbremsen in Scanzeilenrichtung und das Beschleunigen senkrecht zu den Scanzeilen gleichzeitig beginnt und die Beschleunigung in Scanzeilenrichtung und die Abbremsung senkrecht zu den Scanzeilen gleichzeitig beendet sind.

4. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** bereits vor der Bildaufnahme eines letzten aufzunehmenden Bereichs der aktuellen Scanzeile das Abbremsen in Scanzeilenrichtung beginnt.
- 5 5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** erst nach Erreichen eines nächsten aufzunehmenden Bereichs in der neuen Scanzeile die Scangeschwindigkeit in der entgegengesetzten Scanzeilenrichtung erreicht wird.
- 10 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** beim Erreichen einer Relativgeschwindigkeit von Null in Scanzeilenrichtung die größte Relativgeschwindigkeit senkrecht zu den Scanzeilen erreicht wird.
- 15 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Beschleunigungswerte beim Abbremsen und Beschleunigen in und senkrecht zur Scanzeilenrichtung kontinuierlich verändert werden.
- 20 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Scanzeilenrichtung aneinandergrenzende Bereiche auf dem Wafer (1) mit der Kamera (3) aufgenommen werden.
- 25 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wafer (1) vollständig gescannt wird und Bilder von der gesamten Oberfläche des Wafers (1) aufgenommen werden.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** aneinandergrenzende Bereiche auf dem Wafer (1) so aufgenommen werden, dass ihre Bilder teilweise überlappen.
- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem rechteckig ausgebildeten Bildfeld (7) der Kamera (3) die kurze Seite (7a) des Rechtecks des Bildfelds (7) parallel zur Scanzeilenrichtung ausgerichtet wird.
- 10 12. Vorrichtung zum Scannen eines Halbleiter-Wafers (1) in Scanzeilen mit einer Kamera (3) zur on-the-fly-Aufnahme von Bildern von Bereichen auf dem Wafer (1) bei einer Scangeschwindigkeit in Scanzeilenrichtung als Relativbewegung zwischen der Kamera (3) und dem Wafer (1),
15 **gekennzeichnet durch** eine Steuereinrichtung (4), mit deren Hilfe bei einem Wechsel von einer aktuellen zu einer neuen, als nächstes zu scannenden Scanzeile ein Abbremsen der Relativbewegung in Scanzeilenrichtung in der Scanzeile bis zum Stillstand dieser Relativbewegung und anschließendes Beschleunigen in die entgegengesetzte Scanzeilenrichtung bis zum Erreichen der Scangeschwindigkeit durchführbar ist und dieser
20 Relativbewegung zumindest teilweise überlagert ein Beschleunigen und anschließendes Abbremsen einer Relativbewegung zwischen Kamera (3) und Wafer (1) senkrecht zu den Scanzeilen bis zum Erreichen der neuen Scanzeile durchführbar ist.
- 25 13. Vorrichtung nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einem rechteckig ausgebildeten Bildfeld (7) der Kamera (3) die kurze Seite (7a) des Rechtecks des Bildfelds (7) parallel zur Scanzeilenrichtung ausgerichtet ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Scanningtisch (2) vorgesehen ist, auf den der Wafer (1) ablegbar und fixierbar ist und mit dem die Relativbewegung bezüglich einer feststehenden Kamera (3) durchführbar ist.

5

15. Vorrichtung zum Scannen eines Halbleiter-Wafers (1) mit einer Kamera (3) zur on-the-fly-Aufnahme von Bildern von Bereichen auf dem in Scanzeilen eingeteilten Wafer (1) bei einer Scangeschwindigkeit in Scanzeilenrichtung als Relativbewegung zwischen der Kamera (3) und dem Wafer (1), wobei das Bildfeld (7) der Kamera (3) rechteckförmig ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die kurze Seite (7a) des Rechtecks des Bildfelds (7) parallel zur Scanzeilenrichtung ausgerichtet ist.

10

15

Zusammenfassung

Der Erfindung liegt ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Scannen eines Halbleiter-Wafers (1) zugrunde, wobei mit einer Kamera (3) on-the-fly-
5 Aufnahmen von Bereichen auf dem Wafer durchgeführt werden. Bei einem Scanzeilenwechsel wird ein stetig gekrümmter Verfahrweg durch zumindest teilweiser Überlagerung der Relativbewegungen zwischen Wafer (1) und Kamera (3) in Richtung der Scanzeilen und senkrecht dazu erzeugt. Dadurch wird Zeit eingespart und der Waferdurchsatz erhöht.

10

Fig. 3

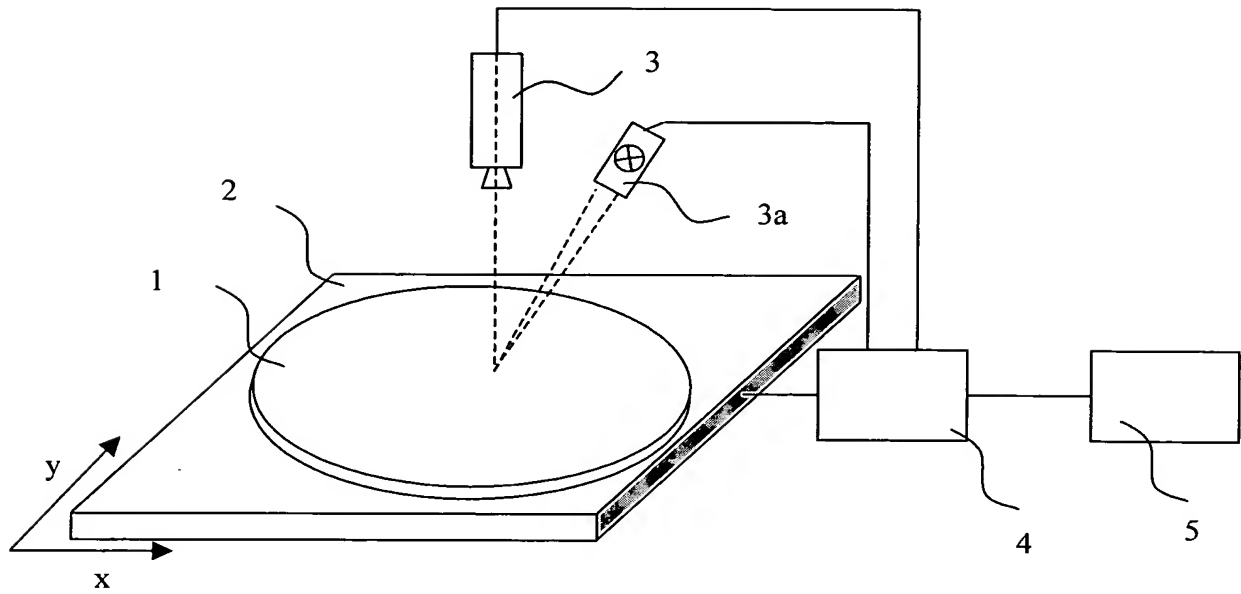


Fig. 1

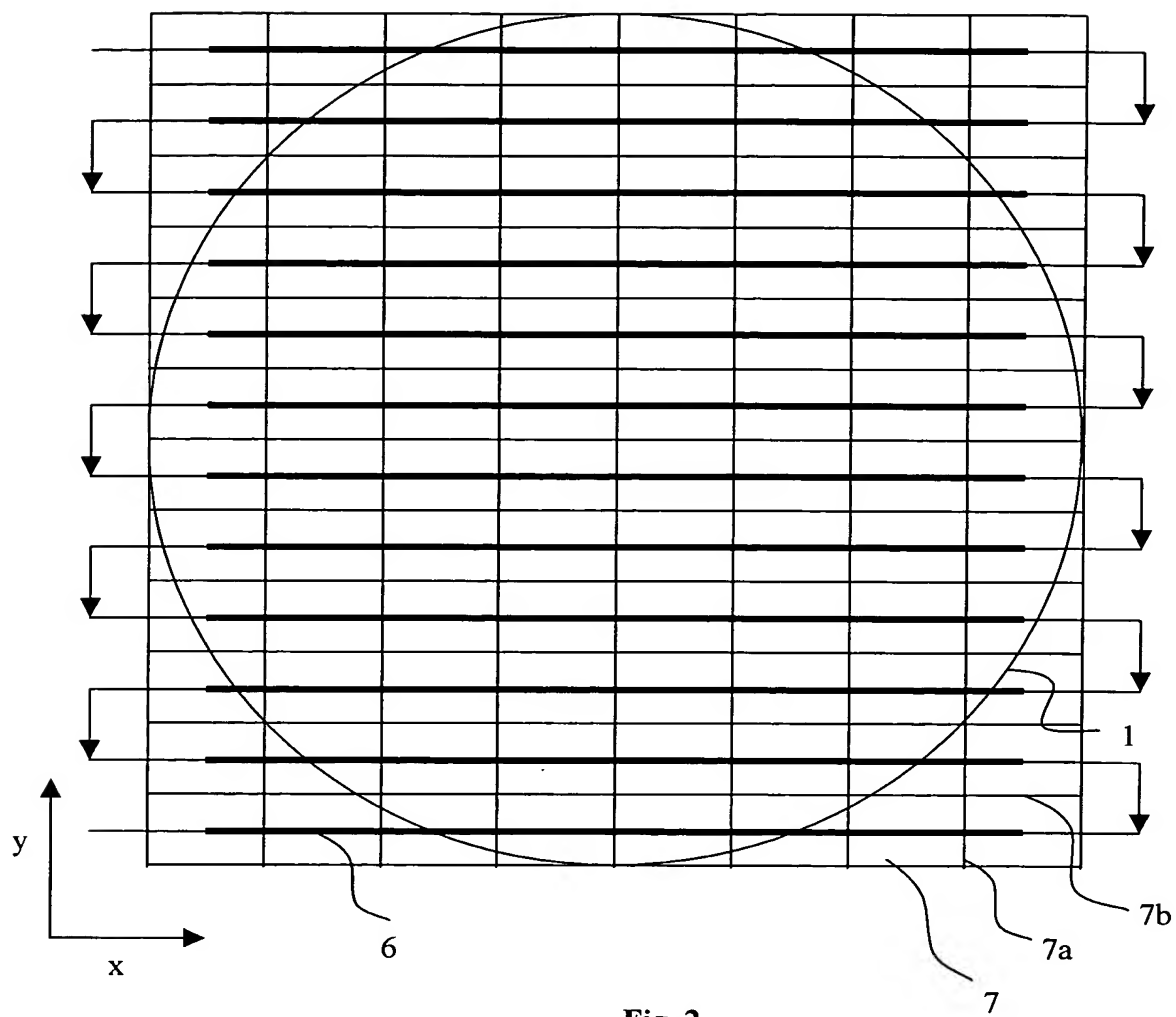


Fig. 2

